

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

Scanning  
Microscope

CLIPPEDIMAGE= JP02002162335A

PAT-NO: JP02002162335A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2002162335 A

TITLE: CANTILEVER FOR PERPENDICULAR SCANNING MICROSCOPE  
AND PROBE FOR  
PERPENDICULAR SCANNING MICROSCOPE USING THIS CANTILEVER

PUBN-DATE: June 7, 2002

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

NAKAYAMA, YOSHIKAZU

N/A

AKITA, SEIJI

N/A

HARADA, AKIO

N/A

OKAWA, TAKASHI

N/A

TAKANO, YUICHI

N/A

YASUTAKE, MASATOSHI

N/A

SHIRAKAWABE, YOSHIHARU

N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

NAKAYAMA YOSHIKAZU

N/A

DAIKEN KAGAKU KOGYO KK

N/A

SEIKO INSTRUMENTS INC

N/A

APPL-NO: JP2000403558

APPL-DATE: November 26, 2000

INT-CL (IPC): G01N013/16;G01N013/12 ;G12B021/04 ;G12B021/08

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a probe for perpendicular scanning microscope which can supersensitively detect surface information of a sample by a nano-tube tip as a probe standing approximately perpendicular to the sample surface.

SOLUTION: The probe for the perpendicular scanning

microscope in this invention  
is features like this: in a probe 20 for the perpendicular  
scanning microscope  
which obtains physical property information of a sample  
surface 24 by the tip  
of the nano-tube probe adhered in a cantilever 2, a  
mounting area where a base  
edge 14 of the nano-tube 12 is adhered is formed; when the  
cantilevers 2 is  
placed in measurement condition for an average sample  
surface 26, it is formed  
so that the height direction of the mounting area becomes  
approximately  
perpendicular to the average sample surface 26 and the base  
edge 14 of the  
nano-tube 12 is adhered in height direction of the mounting  
area.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-162335

(P2002-162335A)

(43) 公開日 平成14年6月7日(2002.6.7)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード*(参考)
G 0 1 N 13/16		G 0 1 N 13/16	C
	13/12	13/12	D
G 1 2 B 21/04		G 1 2 B 1/00	6 0 1 B
21/08			6 0 1 D

審査請求 未請求 請求項の数9 書面 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2000-403558(P2000-403558)

(22) 出願日 平成12年11月26日(2000.11.26)

(71) 出願人 599004210

中山 喜萬

大阪府枚方市香里ヶ丘1-14-2 9号棟  
404

(71) 出願人 591040292

大研化学工業株式会社

大阪府大阪市城東区放出西2丁目7番19号

(71) 出願人 000002325

セイコーインスツルメンツ株式会社

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地

(74) 代理人 100084342

弁理士 三木 久巳

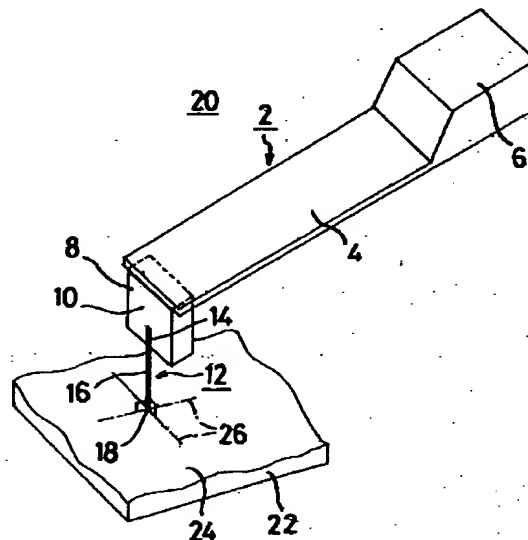
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 垂直式走査型顕微鏡用カンチレバー及びこれを使用した垂直式走査型顕微鏡用プローブ

## (57) 【要約】

【課題】 探針となるナノチューブ先端が試料面に対し略垂直状に当接して試料の表面情報を高感度に検出できる垂直式走査型顕微鏡用プローブを実現する。

【解決手段】 本発明に係る垂直式走査型顕微鏡用プローブは、カンチレバー2に固着されたナノチューブ探針の先端により試料表面24の物性情報を得る走査型顕微鏡用プローブ20において、ナノチューブ12の基端部14を固着する取付領域をカンチレバー2に設け、カンチレバー2を平均試料表面26に対し測定状態に配置したときに前記取付領域の高さ方向が前記平均試料表面26に対し略垂直状態になるように設けられ、ナノチューブ12の基端部14をこの取付領域の高さ方向に固着させたことを特徴としている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 カンチレバー2に固着されたナノチューブ探針の先端18により試料表面24の物性情報を得る走査型顕微鏡用アプローブにおいて、探針となるナノチューブ12の基端部14を固着する取付領域をカンチレバー2に設け、カンチレバー2を平均試料表面26に対し測定状態に配置したときに前記取付領域の高さ方向が平均試料表面26に対し略垂直状態になるように設けられることを特徴とする垂直式走査型顕微鏡用カンチレバー。

【請求項2】 前記取付領域が取付平面10である請求項1に記載の垂直式走査型顕微鏡用カンチレバー。

【請求項3】 前記取付領域がナノチューブ12の基端部14を挿入させる取付孔28であり、この取付孔28の軸方向が前記高さ方向となる請求項1に記載の垂直式走査型顕微鏡用カンチレバー。

【請求項4】 前記取付領域がナノチューブ12の基端部14を嵌め込む取付溝30であり、この取付溝30の溝方向が前記高さ方向となる請求項1に記載の垂直式走査型顕微鏡用カンチレバー。

【請求項5】 前記取付領域が稜線部34であり、この稜線34の方向が前記高さ方向となる請求項1に記載の垂直式走査型顕微鏡用カンチレバー。

【請求項6】 前記取付領域が取付曲面38であり、カンチレバーを平均試料表面26に対し測定状態に配置したときに前記取付曲面38の接平面36の高さ方向が平均試料表面26に対し略垂直状態になるように設けられる請求項1に記載の垂直式走査型顕微鏡用カンチレバー。

【請求項7】 前記取付領域を、集束イオンビーム加工、エッチングプロセス、又はデポジションプロセスを利用して形成する請求項1に記載の垂直式走査型顕微鏡用カンチレバー。

【請求項8】 カンチレバー2に固着されたナノチューブ探針の先端18により試料表面24の物性情報を得る走査型顕微鏡用アプローブにおいて、探針となるナノチューブ12の基端部14を固着する取付領域をカンチレバー2に設け、カンチレバー2を平均試料表面26に対し測定状態に配置したときに前記取付領域の高さ方向が平均試料表面26に対し略垂直状態になるように設けられ、ナノチューブ12の基端部14をこの取付領域の高さ方向に固着させたことを特徴とする垂直式走査型顕微鏡用アプローブ。

【請求項9】 前記カンチレバー2のカンチレバー部4の軸方向が測定状態において平均試料表面26に対し角度 $\theta$ で尻上がり状に配置されるとき、前記ナノチューブ12の軸線とカンチレバー部4の軸方向とが略 $(\theta+90)$ 度の角度をなす請求項8に記載の垂直式走査型顕微鏡用アプローブ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ナノチューブを探針として試料表面から物性情報を得る走査型顕微鏡用アプローブに関し、更に詳細には、試料表面に対しナノチューブ探針を略垂直に立設して試料表面から高分解能に物性情報を得ることができる高性能走査型顕微鏡用カンチレバー及びこれを使用した高性能走査型顕微鏡用アプローブに関する。

## 【0002】

10 【従来の技術】AFMで略称される原子間力顕微鏡により試料表面の構造を撮像するには、試料表面に接触させて信号を取り出す探針が必要である。従来、この探針としてはカンチレバー部に四角錐や円錐などの先鋭な先端を有する突出部（ピラミッド部とも呼ぶ）を形成したシリコン製のカンチレバーが知られている。

【0003】近年になり、新規な炭素構造を有するカーボンナノチューブが発見された。このカーボンナノチューブは、直径が約1nmから数十nm、長さが数 $\mu$ mであり、アスペクト比（長さ/直径）は100～1000程度になる。現在の半導体技術では直径が1nmの探針を作成することは困難であり、この点から考えると、カーボンナノチューブはAFM用探針として最高の条件を備えている。

【0004】このような中で、H. Dai等はNATURE (Vol. 384, 14 November 1996)においてカーボンナノチューブをカンチレバーの突出部の先端に張り付けたAFM用アプローブを報告した。彼らのアプローブは画期的ではあったが、カーボンナノチューブを突出部に付着させたものに過ぎないため、試料表面を何回か走査している間にカーボンナノチューブが突出部から脱落してしまう性質があった。

【0005】本発明者等はこの弱点を解決するために、カーボンナノチューブをカンチレバーの突出部に強固に固着させる固定方法を開発するに到った。この開発の成果は、特開2000-227435号として第1固定方法が、また特開2000-249712号として第2固定方法が公開されている。

【0006】前記第1の固定方法は、ナノチューブの基端部に電子ビームを照射してコーティング膜を形成し、このコーティング膜によりナノチューブをカンチレバー突出部に被覆固定する方法である。第2の固定方法は、ナノチューブの基端部に電子ビーム照射又は通電して、ナノチューブ基端部をカンチレバー突出部に融着固定する方法である。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかし、ナノチューブを錐状体からなるカンチレバー突出部に固定するにしても、その配置によっては検出信号の分解能が低下することがしばしばある。

50 【0008】図14は従来の走査型顕微鏡用アプローブの

立体構成図である。走査型顕微鏡用プローブ20は、カンチレバー2とナノチューブ12から構成される。このカンチレバー2はカンチレバー部4と、その後端の固定部6と、その先端の突出部8（ピラミッド部と呼ばれる）からなり、突出部8は探針となる先鋭な先端8aを有している。ナノチューブ12の基端部は突出部8に固定されるが、いつも先端8aを通過するように固定することは高度の技術を要し、多くの場合は図のように先端8aを通過しない。

【0009】このプローブ20で試料22の試料表面24を走査すると、試料表面24に対してナノチューブ先端18と突出部先端8aが両方とも探針として作用する。得られた表面映像は、ナノチューブ先端18により得られた映像と突出部先端8aにより得られた映像が重なって構成され、映像自体の鮮明度が低下してしまう。

【0010】図15は従来の他の走査型顕微鏡用プローブの立体構成図である。この従来例では、ナノチューブ12が突出部先端8aを通過しているから突出部先端8aの探針作用は封殺されている。従って、ナノチューブ先端18だけが探針として作用する。

【0011】ところが、このナノチューブ先端18を試料表面24に接触させたとき、ナノチューブ12と試料22の平均表面26とは直交せず、交差角 $\phi$ を以て斜交している。斜交状態ではナノチューブ先端18は試料表面24の急峻な凹部や凸部に追従できず、検出不能な空白領域が出現する。つまり、この場合にも検出分解能が低下することは避けられない。

【0012】これらの弱点は、従来のカンチレバー突出部8が錐体状に形成されているため、必ず先鋭な突出部先端8aを有していることに起因する。言い換えれば、従来のAFM用探針をそのままナノチューブ探針のホルダーとして利用することにより、それらの弱点が出現する。

【0013】従って、本発明の目的は、カンチレバー突出部が先鋭な先端を有さず、しかも検出時にナノチューブ先端が試料面に対し略垂直状に当接する垂直式走査型顕微鏡用プローブを実現することである。

【0014】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明は、カンチレバーに固着されたナノチューブ探針の先端により試料表面の物性情報を得る走査型顕微鏡用プローブにおいて、ナノチューブの基端部を固着する取付領域をカンチレバーに設け、カンチレバーを試料面に対し測定状態に配置したときに前記取付領域の高さ方向が試料面に対し略垂直状態になるように設けられることを特徴とする垂直式走査型顕微鏡用カンチレバーである。

【0015】請求項2の発明は、前記取付領域が取付平面である請求項1に記載の垂直式走査型顕微鏡用カンチレバーである。

【0016】請求項3の発明は、前記取付領域がナノチ

ューブの基端部を挿入させる取付孔であり、この取付孔の軸方向が前記高さ方向となる請求項1に記載の垂直式走査型顕微鏡用カンチレバーである。

【0017】請求項4の発明は、前記取付領域がナノチューブの基端部を嵌め込む取付溝であり、この取付溝の溝方向が前記高さ方向となる請求項1に記載の垂直式走査型顕微鏡用カンチレバーである。

【0018】請求項5の発明は、前記取付領域が稜線部であり、この稜線の方向が前記高さ方向となる請求項1に記載の垂直式走査型顕微鏡用カンチレバーである。

【0019】請求項6の発明は、前記取付領域が取付曲面であり、カンチレバーを試料面に対し測定状態に配置したときに前記取付曲面の接平面の高さ方向が試料面に対し略垂直状態になるように設けられる請求項1に記載の垂直式走査型顕微鏡用カンチレバーである。

【0020】請求項7の発明は、前記取付領域を、集束イオンビーム加工、エッチングプロセス、又はデポジションプロセスを利用して形成する請求項1に記載の垂直式走査型顕微鏡用カンチレバーである。

20 【0021】請求項8の発明は、カンチレバーに固着されたナノチューブ探針の先端により試料表面の物性情報を得る走査型顕微鏡用プローブにおいて、ナノチューブの基端部を固着する取付領域をカンチレバーに設け、カンチレバーを試料面に対し測定状態に配置したときに前記取付領域の高さ方向が試料面に対し略垂直状態になるように設けられ、ナノチューブの基端部をこの取付領域の高さ方向に固着させたことを特徴とする垂直式走査型顕微鏡用プローブである。

30 【0022】請求項9の発明は、前記カンチレバーのカンチレバー部の軸方向が測定状態において試料面に対し角度 $\theta$ で尻上がり状に配置されるとき、前記ナノチューブの軸線とカンチレバー部の軸方向とが略 $(\theta+90)$ 度の角度をなす請求項8に記載の垂直式走査型顕微鏡用プローブである。

【0023】

【発明の実施の形態】以下に、本発明に係る垂直式走査型顕微鏡用カンチレバー及びこれを用いた垂直式走査型顕微鏡用プローブの実施形態を添付する図面を参照して詳細に説明する。

40 【0024】図1は本発明の第1実施形態の斜視図である。垂直式走査型顕微鏡用カンチレバー2（以後カンチレバーと称する）は、カンチレバー部4と、固定部6と、突出部8から構成されている。突出部8はカンチレバー部4の先端に直方体状に突設されており、それ自体には探針状の先鋭な先端を有していない。

【0025】突出部8の周面は複数の平面から構成され、その内の少なくとも一面はナノチューブ12の取付平面10となる。この取付平面10の特徴は、その高さ方向が試料測定時に一点鎖線で表す試料平面26に対し垂直に立設状に配置されることである。この取付平面1

0にその高さ方向にナノチューブ12の基端部14が固定される。

【0026】ナノチューブ12には、導電性のカーボンナノチューブや絶縁性のBN（窒化ホウ素）系ナノチューブ、BCN（炭窒化ホウ素）系ナノチューブなど各種のナノチューブが存する。トンネル顕微鏡（STM）用にはトンネル電流を検出する必要性から導電性ナノチューブが用いられ、原子間力顕微鏡（AFM）用には導電性ナノチューブでも絶縁性ナノチューブでもどちらでもよいなど用途に合わせてナノチューブが選択される。

【0027】ナノチューブ12を取付平面10に固定する方法には、既に説明したように、2種類の方法がある。第1は、ナノチューブ12の基端部14をコーティング膜により被覆する方法であり、第2は基端部14を電子ビームやイオンビーム又は通電で取付平面10に熱融着させる方法である。

【0028】ナノチューブ12は、その軸心が試料22の平均表面26に垂直に立設するように、取付平面10に固定される。このように取り付けると、ナノチューブ12の先端部16は常に測定状態で平均表面26に対し垂直配置になり、先端18による試料表面24の検出が効率よく行える。。

【0029】ナノチューブ12をカンチレバー2に固定することによって垂直式走査型顕微鏡用プローブ20（以後プローブと略称する）が完成する。このプローブは走査型顕微鏡に使用されるもので、例えば上記のAFMやSTMに限らず、表面の違いを摩擦力で検出する水平力顕微鏡（LFM）、磁気相互作用を検出する磁気力顕微鏡（MFM）、電界力の勾配を検出する電界力顕微鏡（EFM）、化学官能基の表面分布を画像化する化学力顕微鏡（CFM）などがあり、試料表面の物理的・化学的作用を探针で走査検出して、試料の原子レベルでの物性情報を得るものである。

【0030】図2は第1実施形態の側面図である。プローブ20を試料22に対し測定状態に配置すると、カンチレバー部4の軸方向bは試料平均表面26に対し角度 $\theta$ で尻上がりに傾斜する。この傾斜配置状態で、ナノチューブ12の軸心と軸方向bとは角度 $(\theta+90)$ 度で交差するから、ナノチューブ12は平均表面26に対し角度90度で垂直に立設することになる。

【0031】ナノチューブ12が試料平均表面26に垂直配置になることは、その先端18が複雑に凹凸する試料表面24に確実に追従できることを意味する。つまり、先端18が探针先端となるから、試料表面の物理的・化学的情報を正確に高分解能で検出することが可能になる。

【0032】図3は本発明の第2実施形態の斜視図である。第1実施形態と作用効果が同一部分には同一番号を付してその説明を省略し、異なる部分のみを説明する。この実施形態では突出部8に取付孔28を形成してい

る。この取付孔28はプローブ20を測定状態に配置した時に、取付孔28の軸心方向が試料平均表面26に垂直になるように形成される。

【0033】この取付孔28にナノチューブ12の基端部14が挿入固定される。ナノチューブ12を取付孔28に挿入するだけで原子間力によって固定される。しかし、取付孔28の断面直径がナノチューブ12のそれと比較して大きくなるに従い、有機ガスの分解堆積物で孔を埋めたり、電子ビームを照射したり、又は通電して表面融着させる等の方法で確実に固定することもできる。

【0034】図4は第2実施形態の側面図である。プローブ20が測定状態にあるとき、カンチレバー部4の軸方向bは試料平均表面26に対し角度 $\theta$ だけ尻上がりに傾斜する点は第1実施形態と同様である。しかし、この傾斜配置においても、ナノチューブ12の軸心方向（高さ方向）はカンチレバー部4の軸方向と角度 $(\theta+90)$ 度だけ開離しているから、ナノチューブ12は試料平均表面26に対し垂直に当接する。従って、先端18は試料表面24の凹凸に確実に追従することができる。

【0035】図5は本発明の第3実施形態の斜視図である。第1実施形態と作用効果が同一部分には同一番号を付してその説明を省略し、異なる部分のみを説明する。この実施形態では、突出部8の表面に取付溝30が刻設されており、この取付溝30にナノチューブ12の基端部14が嵌合される。この嵌合を強固な固着にするため、表面を被覆するようにコーティング膜を形成してもよいし、ビーム照射したり、又は通電により表面を融着してもよい。取付溝30の断面形状はコ字型、V字型、半円型など各種の形状がある。

【0036】図6は第3実施形態の側面図である。図示するように、カンチレバー部の軸方向bとナノチューブ12の軸心とは角度 $(\theta+90)$ 度だけ開離するように組み立てられている。つまり、取付溝30の溝方向（高さ方向）がカンチレバー部6に対し角度 $(\theta+90)$ 度の開き角を有するように設定されている。その結果、測定時のカンチレバー部6の尻上がり角が角 $\theta$ であるから、ナノチューブ12は試料平均表面26に対し角度90度で垂直に当接する。従って、ナノチューブ12の先端18は試料表面24の凹凸に確実に追従でき、試料表面の物性情報を高精度に検出することができる。

【0037】図7は本発明の第4実施形態の斜視図である。第1実施形態と作用効果が同一部分には同一番号を付してその説明を省略し、異なる部分のみを説明する。この実施形態では、突出部8の表面に平坦な切欠部32を形成し、この切欠部32の段差32aの部分が取付溝30を構成する。取付溝30はナノチューブ12を一義的に嵌合できる場所の総称で、溝状、段差状、その他の形状が含まれる。

【0038】この段差状の取付溝30にナノチューブ12の基端部14を嵌合し、固定する。固定方法はコーテ

ィング膜や融着などが利用できる。ナノチューブ12を試料平均面26に垂直に当接させるため、この取付溝30の軸方向が測定状態で試料平均面26に垂直になるように形成される。

【0039】図8は第4実施形態の側面図である。カンチレバー部4の尻上がり角 $\theta$ 及びカンチレバー部4とナノチューブ12の開き角 $(\theta+90)$ 度は前述した通りであるから、ここでは繰り返さない。

【0040】図9は本発明の第5実施形態の斜視図である。第1実施形態と作用効果が同一部分には同一番号を付してその説明を省略し、異なる部分のみを説明する。この実施形態では、突出部8は三角柱状に形成されており、稜線34がナノチューブ12の取付位置を示している。つまり、稜線34の方向が取付方向であるから、稜線の近傍に稜線と平行にナノチューブ12を固定する。

【0041】図10は第5実施形態の側面図である。稜線34の方向とナノチューブ12の軸心とが接近状態で平行し、測定状態で試料平均表面26に垂直に設定されている。それ以外は他の実施形態と同様であるから、省略する。

【0042】図11は第6実施形態の斜視図である。突出部8の形状は円柱状で、その周面はナノチューブ12を取り付ける取付曲面38になっている。この周面の任意の位置に設けた接平面36の高さ方向は平均試料平面26に垂直になるように設けられる。取付曲面38と接平面36との接直線の位置にナノチューブ12の基端部14を固定する。このとき、先端部16は平均試料平面26に略垂直になり、尻上がり角を $\theta$ とすると、カンチレバー部4とナノチューブ12との交差角は $(\theta+90)$ 度になる。

【0043】図12は第7実施形態の斜視図である。突出部8の形状は斜めに切られた円柱状で、その周面のうち大面積領域がナノチューブ12を取り付ける取付曲面38となる。この取付曲面38に設けた接平面36の高さ方向は平均試料平面26に垂直になるように設定される。取付曲面38と接平面36との接直線の位置にナノチューブ12の基端部14を固定する。このとき、先端部16は平均試料平面26に略垂直になり、試料に対し高分解能検出が可能になる。図のように、カンチレバー部4の尻上がり角を $\theta$ とすると、カンチレバー部4とナノチューブ12との交差角は $(\theta+90)$ 度になっている。

【0044】図13は第8実施形態の斜視図である。突出部8の形状は周面が湾曲した円錐台状で、その周面の下端周縁領域がナノチューブ12を取り付ける取付曲面38となる。この取付曲面38に設けた接平面36の高さ方向は平均試料平面26に垂直になるように設定される。取付曲面38と接平面36との接直線の位置にナノチューブ12の基端部14を固定する。このとき、先端部16は平均試料平面26に略垂直になり、試料に対し

高分解能検出が可能になる。図のように、カンチレバー部4の尻上がり角を $\theta$ とすると、カンチレバー部4とナノチューブ12との交差角は $(\theta+90)$ 度になっている。

【0045】本発明では、カンチレバー2の突出部8に先鋭な先端を形成しない。その先端が探針となって、後で取り付けるナノチューブの探針作用に誤差を与えるからである。探針となるナノチューブ12は、この突出部8に取り付けられる。これらの取付部位は、その方向が測定状態において平均試料表面26に垂直に配置されているから、取り付けられたナノチューブ12も当然平均試料表面26に垂直な配置を取る。この垂直配置によって、ナノチューブ12は鮮明な試料表面像を検出できる。

【0046】突出部8に取付平面10、取付孔28、取付溝30、稜線部34又は取付曲面38を形成するには、集束イオンビームや電子ビームを利用してエッチングやデポジションを行ってもよいし、一般の半導体技術におけるエッチングプロセスやデポジションプロセスを用いてもよい。

【0047】本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の技術的思想を逸脱しない範囲における種々の変形例や設計変更なども本発明の技術的範囲内に包含されることは言うまでもない。

【0048】

【発明の効果】請求項1の発明によれば、測定状態において試料面に対し略垂直状態になるように取付領域をカンチレバーに形成するから、この取付領域にナノチューブをその高さ方向に固定するだけで垂直式のプローブを製作できるなど、優れた垂直式走査型顕微鏡用カンチレバーを提供できる。

【0049】請求項2の発明によれば、測定状態において試料面に対し略垂直状態になるように取付平面をカンチレバーに形成するから、この取付平面にしかもその高さ方向にナノチューブを固定するだけで垂直式のプローブを製作できるなど、優れた垂直式走査型顕微鏡用カンチレバーを提供できる。

【0050】請求項3の発明によれば、測定状態において試料面に対し略垂直状態になるように取付孔をカンチレバーに形成するから、この取付孔にナノチューブを挿入固定するだけで垂直式のプローブを製作できるなど、優れた垂直式走査型顕微鏡用カンチレバーを提供できる。

【0051】請求項4の発明によれば、測定状態において試料面に対し略垂直状態になるように取付溝をカンチレバーに形成するから、この取付溝にナノチューブを嵌合固定するだけで垂直式のプローブを製作できるなど、優れた垂直式走査型顕微鏡用カンチレバーを提供できる。

【0052】請求項5の発明によれば、測定状態におい



て試料面に対し略垂直状態になるように稜線部をカンチレバーに形成するから、この稜線部にナノチューブを固定するだけで垂直式のプローブを製作できるなど、優れた垂直式走査型顕微鏡用カンチレバーを提供できる。

【0053】請求項6の発明によれば、取付曲面をカンチレバーに形成し、この取付曲面の接平面にその高さ方向にナノチューブを固定するだけで、ナノチューブを試料面に対し略垂直状態に配置できる垂直式走査型顕微鏡用カンチレバーを提供できる。

【0054】請求項7の発明によれば、集束イオンビーム加工、エッチングプロセス、又はデポジションプロセスを利用して、前述した取付領域、更に具体的には取付平面、取付孔、取付溝、稜線部又は取付曲面等を容易に形成できる。

【0055】請求項8の発明によれば、その高さ方向が試料面に垂直になる取付領域をカンチレバーに設け、この取付領域にナノチューブの基端部をその高さ方向に固着したから、探針先端が常に試料面に垂直に当接して試料表面像を高分解能に検出できる垂直式走査型顕微鏡用プローブを提供できる。

【0056】請求項9の発明によれば、ナノチューブの軸線とカンチレバー部の軸方向とを略( $\theta+90$ )度の開き角を有するように構成したから、測定状態においてカンチレバー部を角度 $\theta$ の尻上げ配置をするだけで、試料表面の凹凸に確実に追従できる垂直式走査型顕微鏡用プローブを提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態(取付平面)の斜視図である。

【図2】本発明の第1実施形態の側面図である。

【図3】本発明の第2実施形態(取付孔)の斜視図である。

【図4】本発明の第2実施形態の側面図である。

【図5】本発明の第3実施形態(取付溝)の斜視図である。

【図6】本発明の第3実施形態の側面図である。

【図7】本発明の第4実施形態(取付溝の変形例)の斜視図である。

【図8】本発明の第4実施形態の側面図である。

【図9】本発明の第5実施形態(稜線部)の斜視図である。

【図10】本発明の第5実施形態の側面図である。

【図11】本発明の第6実施形態の斜視図である。

【図12】本発明の第7実施形態の斜視図である。

【図13】本発明の第8実施形態の斜視図である。

【図14】従来の走査型顕微鏡用プローブの立体構成図である。

【図15】従来の他の走査型顕微鏡用プローブの立体構成図である。

【符号の説明】

2・・・カンチレバー

4・・・カンチレバー部

6・・・固定部

8・・・突出部

10・・・取付平面

12・・・ナノチューブ

14・・・基端部

16・・・先端部

18・・・先端

20・・・垂直式走査型顕微鏡用プローブ

22・・・試料

24・・・試料表面

26・・・試料平均表面

28・・・取付孔

30・・・取付溝

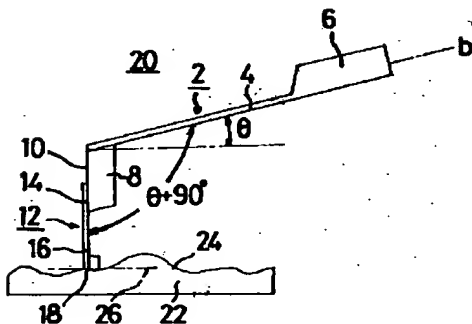
32・・・切欠部

34・・・稜線部

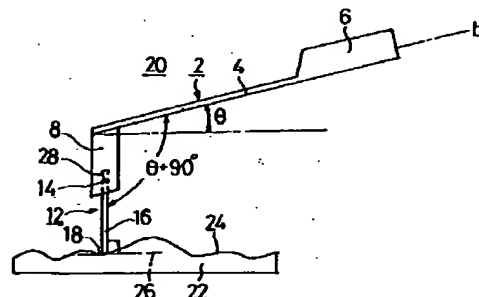
36・・・接平面

38・・・取付曲面

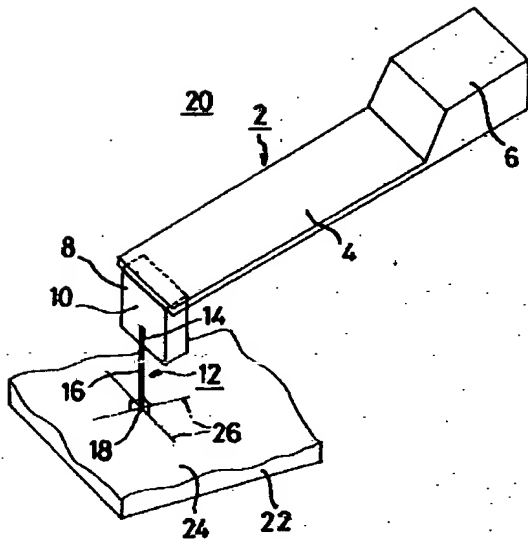
【図2】



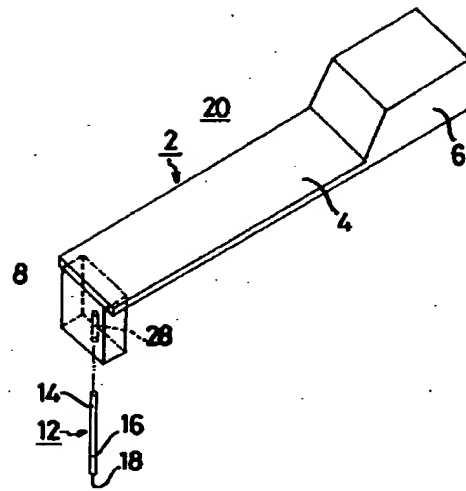
【図4】



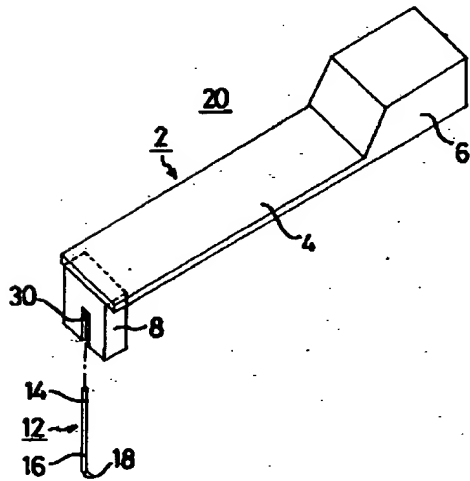
【図1】



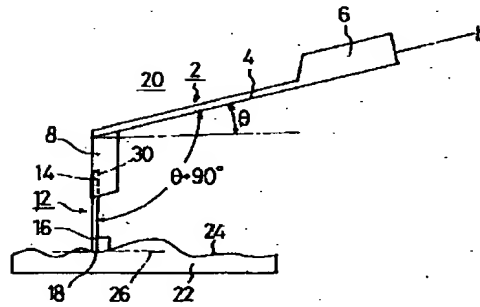
【図3】



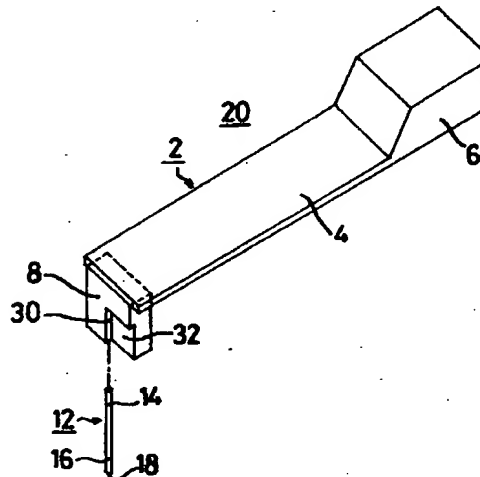
【図5】



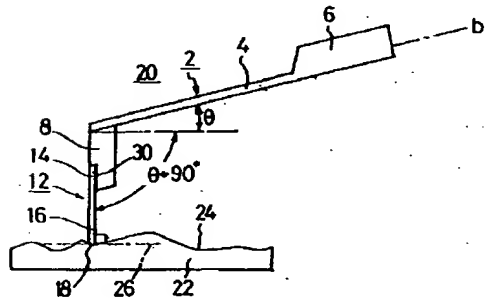
【図6】



【図7】

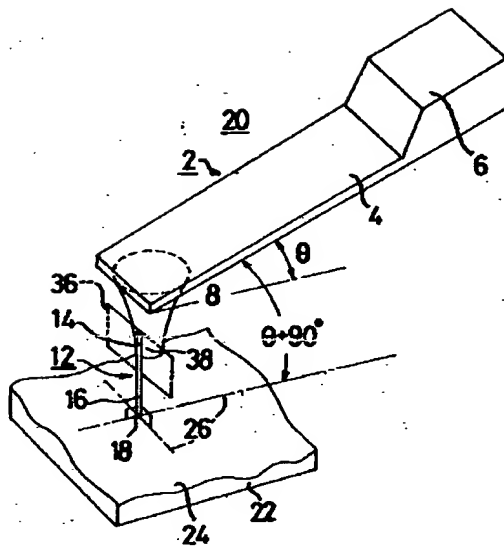


【図8】

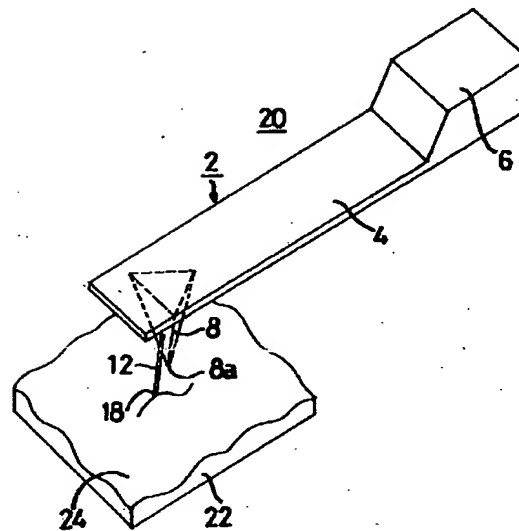




【図13】



【図14】



フロントページの続き

- (72)発明者 中山 喜萬  
大阪府枚方市香里ヶ丘1丁目14番地の2、  
9-404
- (72)発明者 秋田 成司  
大阪府和泉市池田下町1248番地の4
- (72)発明者 原田 昭雄  
大阪府大阪市城東区放出西2丁目7番19号  
大研化学工業株式会社内

- (72)発明者 大川 隆  
大阪府大阪市城東区放出西2丁目7番19号  
大研化学工業株式会社内
- (72)発明者 高野 雄一  
大阪府大阪市城東区放出西2丁目7番19号  
大研化学工業株式会社内
- (72)発明者 安武 正敏  
静岡県駿東郡小山町竹之下36-1 セイコ  
ーインスツルメンツ株式会社小山工場内
- (72)発明者 白川部 喜治  
静岡県駿東郡小山町竹之下36-1 セイコ  
ーインスツルメンツ株式会社小山工場内